

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 62-101183

(43) Date of publication of application : 11.05.1987

(51) Int. Cl.

H04N 1/415

(21) Application number : 60-241218 (71) Applicant : HITACHI LTD

(22) Date of filing : 28.10.1985 (72) Inventor : MIYAKO SHINICHIRO  
SASAKI RYOICHI  
SHIRAISHI TAKAYOSHI

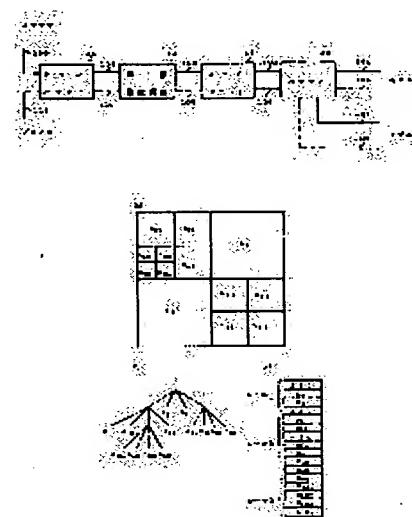
## (54) PICTURE DATA ENCODING SYSTEM

## (57) Abstract:

PURPOSE: To compress picture data considerably by dividing a picture into square blocks of unequal size to encode it to data which is formed in a tree structure so that an average distortion in each block does not exceed an allowable value.

CONSTITUTION: The input picture is encoded at every line through a line buffer 31 and a counting and luminance generating circuit 32 by a coding/decoding circuit 33. That is, the whole of the picture is divided from the highest level of  $2^n \times 2^n$  blocks to the lowest level of  $1 \times 1$  block (picture element), and the lowest level and the start block are set, and an average luminance and an average distortion are obtained, and 4 blocks are united into a block of the higher level if the average distortion is smaller than the allowable value.

Picture blocks obtained in this manner are stored in a buffer 34 successively from the highest level. With respect to the first data block, the second and the third blocks of the highest level have luminance values  $X_2$  and  $X_3$ , and blocks where a code ESC is stored are developed to the lower level and are stored in following data blocks.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) ; 1998, 2000 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報 (A) 昭62-101183

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>  
H 04 N 1/415識別記号 庁内整理番号  
8220-5C

⑭ 公開 昭和62年(1987)5月11日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全12頁)

⑮ 発明の名称 画像データ符号化方式

⑯ 特願 昭60-241218

⑯ 出願 昭60(1985)10月28日

⑰ 発明者 宮岡 伸一郎 川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

⑰ 発明者 佐々木 良一 川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

⑰ 発明者 白石 高義 川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

⑯ 出願人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑯ 代理人 井理士 磐村 雅俊

## 明細書

1. 発明の名称 画像データ符号化方式

2. 特許請求の範囲

(1) 画像データを圧縮符号化する方式において、階層構造のデータを格納するバッファを備え、画像を輝度変化の大小に応じて、非等長の矩形ブロックに分割し、各ブロック内の平均ひずみが許容値を超えないように木構造に形成されたデータに符号化して、上記バッファに格納することを特徴とする画像データ符号化方式。

(2) 上記非等長の矩形ブロックは、輝度変化の緩やかな部分を大きなブロックに、輝度変化の激しい部分を小さなブロックに、それぞれ分割されることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の画像データ符号化方式。

(3) 上記平均ひずみの指標は、例えば、次式で表わされる平均2乗差が用いられることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の画像データ符号化方式。

$$d = \frac{1}{N} \sum_{i,j} (\tilde{X}_{ij} - X_{ij})^2$$

(4) 画像データを圧縮符号化する方式において、階層構造のデータを格納するバッファを備え、画像を輝度変化の大小に応じて、非等長の矩形ブロックに分割し、各ブロック内の平均ひずみが許容値を超えないように、該ブロックを該ブロック内の平均輝度と輝度勾配を用いて木構造に形成されたデータに符号化して、上記バッファに格納することを特徴とする画像データ符号化方式。

3. 発明の詳細な説明

## 〔発明の利用分野〕

本発明は、画像データ符号化方式に関し、特に低ビットレートでの画像通信、画像ファイル検索用の概略画像作成等に好適な画像データ高効率圧縮方式に関するものである。

## 〔発明の背景〕

画像通信、画像ファイルの低コスト化および高応答性を実現するために、さらに能率のよい画像データの圧縮方式が望まれている。従来の画像データの圧縮方式は、予測符号化方式と変換符号化

方式に大別される。予測符号化方式は、画素単位で、近傍の画素からその画素の輝度値を予測し、これを可変長符号化するものである。この方式では、原理的に1bit/pixel以上の圧縮を行うことはできない。一方、変換符号化方式では、画像を一定の大きさ(8×8, 16×16等がよく用いられる)のサブプロックに分割し、このプロック単位で直交変換を施すし、符号化するものである。この方式では、プロックサイズを超える大域的な冗長性(平坦な背景等がその典型例)を利用できなかったため、やはり圧縮率に限界がある。上記2つの方式の他には、最近活発に研究が行われているベクトル量子化方式があるが、この方式でも、一定の大きさのサブプロックに画像を分割し、プロックごとに量子化を行う方法をとっているため、上記変換符号化方式と同じような限界がある。これらの圧縮方式については、例えば、信学技報IEE 83-106「静止画像用符号化方式の比較検討」において述べられている。この文献では、アダブティプ・コサイン変換符号化、階層的アダマール

変換符号化、ベクトル量子化、DPCM符号化、およびアダブティプ・プロック符号化の5種類について、S/N比、符号量の関係を中心に各種データを計算機シミュレーションにより求め、比較検討を行った結果について記載している。これらの全ての方式では、いずれも上述のような圧縮率の限界が存在する。

#### 〔発明の目的〕

本発明の目的は、このような従来の問題を解決し、画像の持つ局所的な冗長性のみならず、大域的な冗長性まで活用して、画像データを大幅に圧縮することができる高能率な画像データ符号化方式を提供することにある。

#### 〔発明の概要〕

上記目的を達成するため、本発明の画像データ符号化方式は、画像データを圧縮符号化する方式において、階層構造のデータを格納するバシファを備え、画像を輝度変化の大小に応じて、非等長の矩形プロックに分割し、各プロック内の平均ひずみが許容値を超えないように本構造に形成され

たデータに符号化して、上記バシファに格納することに特徴があり、さらにプロックをそのプロック内の平均輝度と輝度勾配を用いて符号化することにも特徴がある。

#### 〔発明の実施例〕

以下、本発明の原理および実施例を、図面により詳細に説明する。第3図～第6図、および第1図により符号化の原理を説明し、第7図～第9図により符号化の原理を説明する。

#### (イ) 符号化方式

第3図(a)(b)は、等長プロック符号化と非等長プロック符号化の概念比較図である。

画像の持つ大域的冗長性まで活用してデータ圧縮を行うため、画像を輝度変化の大小に応じて非等長プロック(大きさの異なるプロック)に分割する。すなわち、輝度変化の緩やかな部分は大きなプロックに、一方、輝度変化の激しい部分は小さなプロックに分割されるようにする。このようにプロック分割して、各プロックを同一のビット数で符号化すれば、第3図(a)に示すように等長ブ

ロックで分割した場合に利用できなかつた大域的冗長性まで利用した符号化が行えるようになる(3図(b)参照)。

プロック分割の基準としては、平均ひずみを用い、符号化・復号化された後の各プロックの平均ひずみが、指定された許容値を超えないようにする。なお、ひずみの指標として最もよく用いられるものに、例えば、平均2乗誤差があり、これは次式により表わされる。

$$d = \frac{1}{N} \sum_{ij} (\tilde{x}_{ij} - x_{ij})^2$$

ここで、dは平均ひずみ、Nはプロック内画素数、 $x_{ij}$ は画素(i, j)の輝度、 $\tilde{x}_{ij}$ は画素(i, j)の符号化・復号化した値である。

第4図は、プロック階層の説明図であり、第5図は第4図におけるリダクションの説明図である。

いま、 $1 \times 1$ ,  $2 \times 2$ , ...,  $2^n \times 2^n$ の大きさのプロック図を考える。 $1 \times 1$ プロックは、画素そのものであり、 $2^n \times 2^n$ プロックは画像全体を表わしている。ここで、 $2^n \times 2^n$ プロッ

クを最上位レベル(第0レベル)、 $1 \times 1$  ブロックを最下位レベル(第nレベル)と呼ぶことにする。第4図の例( $n=4$ )では、0~4が、それぞれ第0~第4レベルのブロックとなっている。各ブロックを表現するため、次のような表記法を用いることにする。第1レベルでは、 $2^{n-1} \times 2^{n-1}$  ( $8 \times 8$  画素)の大きさのブロックが4個存在するので、これらを左上、右上、左下、右下の順に1, 2, 3, 4と記す。次に、第2レベルでは、 $2^{n-2} \times 2^{n-2}$  ( $4 \times 4$  画素)の大きさのブロックが16個存在し、4個づつ区切つたものが第1レベルの1つのブロックに対応している。そこで、第1レベルの同一ブロックに含まれる第2レベルの4個のブロックに対して、第1レベルと同じように1~4の番号を与えることにする。つまり、第2レベルのブロックは、第1レベルのブロック番号 $i_1$  ( $i_1 = 1 \sim 4$ )と第2レベルのブロック番号 $i_2$  ( $i_2 = 1 \sim 4$ )の組合せ( $i_1, i_2$ )により一意に定められる。このようにして、一般に第kレベルの1つのブロックを( $i_1, i_2, \dots, i_k$ )

$d_{i_1 \dots i_k} \leq D \dots \dots \dots \quad (3)$   
のとき、 $X_{i_1 \dots i_k} = X_{i_1 \dots i_k}$ を、 $X_{i_1 \dots i_k}$ で代表させる(第5図参照)。以後、この処理をリダクションと呼ぶことにする。ここで、 $X_{i_1 \dots i_k}$ ,  $d_{i_1 \dots i_k}$ は一段階下のレベルから以下に示す漸化式で計算することができるので、実用面からも効率的な計算ができる。

$$X_{i_1 \dots i_k} = \frac{1}{4} \sum_{i_{k+1}} X_{i_1 \dots i_{k+1}} \dots \dots \dots \quad (4)$$

$$d_{i_1 \dots i_k} = \frac{1}{4} \sum_{i_{k+1}} [d_{i_1 \dots i_{k+1}} + (X_{i_1 \dots i_{k+1}} - X_{i_1 \dots i_k})^2] \dots \dots \dots \quad (5)$$

第1図は、本発明の一実施例を示す符号化手順のフローチャートである。

第3図および第4図の考え方による符号化手順を、第1図のフローチャートに従つて説明する。ステップ10では、最下位レベル、先頭ブロックの設定を行う。ステップ11, 12でそれぞれ前

$i_k$  で表わすことができる。第4図の例で、ブロック5(ハッティングされたブロック)は、(1, 1, 1, 4)と表わされる。

以上の表記法により表わされるブロック( $i_1, i_2, \dots, i_k$ )の平均輝度を $X_{i_1 \dots i_k}$ とし、ブロック内の全面積の輝度を $X_{i_1 \dots i_k}$ とし、代表させたときに生ずる平均ひずみを、 $d_{i_1 \dots i_k}$ と表わす。すなわち、

$$X_{i_1 \dots i_k} = \frac{1}{4^{n-k}} \sum_{i_{k+1}} Z_{i_1 \dots i_n} \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$d_{i_1 \dots i_k} = \frac{1}{4^{n-k}} \sum_{i_{k+1}} (Z_{i_1 \dots i_n} - X_{i_1 \dots i_k})^2 \dots \dots \dots \quad (2)$$

とする。ここで、 $Z_{i_1 \dots i_n}$  は画素( $i_1, i_2, \dots, i_n$ )の輝度である。

最下位レベルから出発し、前式(2)で定義される平均ひずみが与えられた許容値Dを超えないとき、4個のブロックを、これらを含む一段階上のブロックに統合することにする。すなわち、

式(4)、前式(5)の計算を行い、平均輝度、平均ひずみを求める。ステップ13で前式(3)の判定を行い、平均ひずみが許容値より小さいとき、つまり(3)式が成立したときには、ステップ14でリダクションを実行する。ステップ15では、次のブロックの処理に進むが、次のブロックが既にリダクション不能になっている場合には、スキップするものとする。ステップ16で、現在処理中のレベルの全ブロックの処理が終了したか否かの判定を行い、終了している場合には、ステップ17で次のレベルに進む。ステップ18は、全レベルの処理が終了したか否かの判定であり、終了している場合には、符号化処理は終了する。

第6図(a)(b)(c)は、それぞれ符号化データのデータ構造説明図である。以下、符号化されたデータの構造(蓄積用、通信用)について述べる。第6図(a)に示すように符号化されたデータは、第6図(b)に示すような4分木で表わすことができる。この4分木構造を、第6図(c)で示すようなデータ構造で記憶する。データは、4個ずつの

データブロックに区切られ、これが画像上の1ブロックに対応している。画像ブロックは、上位レベルから順に格納されており、ESCはエスケープ記号（これは、そのレベルまでリダクションされておらず、さらに下位レベルを参照する必要があることを示す）を表わしている。例えば、第6図(c)の最初のデータブロックでは、(ESC, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, ESC)となつており、第1レベルの第1ブロックと第4ブロックは、さらに下位レベルを参照する必要があつて、第2、第3ブロックは、それぞれX<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>の輝度値をとることがわかる。ESC記号が格納されていたブロックは、1段階下のレベルに展開されて、後続のデータブロックに格納される。すなわち、第6図(c)の例では、最初のESCに対応するデータが2番目のデータブロックに、2番目のESCに対応するデータが3番目のデータブロックに、それぞれ格納されている。このようなデータ構造を生成した後、データの値に片寄りがある場合には、ESC記号を含め可変長符号化(ハフマン符号化)することも

3.1に一旦格納し、シリアル信号としてプロツタに出力して描画させる。

(ロ) 復号方式

符号化されたデータの復号方式について、説明する。第6図(c)のデータブロック番号を<sub>l</sub>、ブロック内のデータ番号を<sub>m</sub>(<sub>m</sub>=1~4)とし、符号化されたデータをY<sub>l</sub>,<sub>m</sub>で表わす。ここで、ESC記号からその下位レベル展開ブロックを求める手順として、FIFO(First In First Out)のキューを用意する。

第7図は、FIFOの動作説明図であり、第8図は本発明の一実施例を示す復号処理のフローチャートである。復号の手順は、次のように行われる。先ず、<sub>l</sub>=1のとき(ステップ20)。

(a) Y<sub>l</sub>,<sub>m</sub>≠ESCであれば、X<sub>l</sub>=Y<sub>l</sub>,<sub>m</sub>(ステップ21, 22)。

Y<sub>l</sub>,<sub>m</sub>=ESCであれば、<sub>m</sub>をFIFOに格納する(ステップ23)。

また、<sub>l</sub>=2のとき(ステップ26)。

(a) FIFOから先頭要素<sub>m</sub>を取り出す(ステップ

考えられる。

第2図は、本発明が適用されるデータ符号化・復号装置のブロック図である。例えば、ファクシミリ信号等に適用した場合には、ラインバッファ31、計数・輝度発生回路32、コード・デコード回路33、バッファ34で構成される。符号化するときには、スキヤナで読み込んだ画像を、1ラインごとにラインバッファ31に格納し、計数・輝度発生回路32で面素を計数し、コード・デコード回路33で第1図に示す符号化処理を行う。そして、第6図(c)に示すような形式のデータでバッファ34に格納する。送信する場合には、モデムを介して交流信号に変調した後、伝送路に送出する。また、伝送路から圧縮信号を受信した場合には、モデムを介して受信したデータを第6図(c)に示す形式で伝送された順にバッファ34に格納し、バッファ34からFIFOのキューにデータを移して、コード・デコード回路33において、第8図で後述する復号処理を行い、輝度発生回路32で輝度を発生させた後、ラインバッファ

3.1に一旦格納し、シリアル信号としてプロツタに出力して描画させる。

(b) Y<sub>l</sub>,<sub>m</sub>≠ESCであれば、X<sub>l</sub>=Y<sub>l</sub>,<sub>m</sub>(ステップ21, 22)。Y<sub>l</sub>,<sub>m</sub>=ESCであれば、(l, <sub>m</sub>)をFIFOに格納する(ステップ23)。

ここで、<sub>l</sub>は整数列であり、(l, <sub>m</sub>)は<sub>l</sub>に<sub>m</sub>を追加した整数列である。このようにして、全データブロックが終了するまで繰り返し、ブロック終了により処理を終る(ステップ27)。

第7図(a)(b)(c)は、第6図(c)の例におけるFIFOの動作を示している。先入れ先出し動作を行うため、第7図では、バッファの下方から格納されて順次上方に移り、最上位のものが読み出される。(a)では1, 4の順にデータが格納され、(b)では最初の1が読み出された後、4, 1の順で格納されている。(c)では4が読み出された後、1ののみが格納されている状態が示されている。

このようにして、第5図(c)のデータ列から、各ブロックの輝度X<sub>1</sub>~X<sub>k</sub>が再現できる。

ブロック( $i_1 \dots i_k$ )に含まれる画素の座標( $X, Y$ )は次式で求められ、画素レベルでの復号が可能となる。

$$2^n \sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{2}\right)^j p_{ij} \leq X < 2^n \left( \sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{2}\right)^j p_{ij} + \left(\frac{1}{2}\right)^k \right) \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$2^n \sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{2}\right)^j q_{ij} \leq Y < 2^n \left( \sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{2}\right)^j q_{ij} + \left(\frac{1}{2}\right)^k \right) \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$\begin{aligned} \text{ここで, } p_{ij} = & \begin{cases} 0 & (i_j = 1 \text{ または } 3) \\ 1 & (i_j = 2 \text{ または } 4) \end{cases} \\ q_{ij} = & \begin{cases} 0 & (i_j = 1 \text{ または } 2) \\ 1 & (i_j = 3 \text{ または } 4) \end{cases} \end{aligned}$$

である。

次に、簡単なモデルに基づき圧縮率の評価を行う。

#### (イ) 假定

(a)  $512 \times 512 \times 8$  bit/pixelの画像を想定する。(b) 与えられた許容ひずみDと対象画像に關し、レベル1以上の精度を必要とする領域のうち、レベル( $i+1$ )以上の精度を必要としない領域

には、 $K=7$  ( $4 \times 4$  ブロック) 程度まで空間分解能を下げなければならないことがわかる。

#### (ハ) S/Nの評価

S/N値は、平均ひずみから求まる。

$$S/N = 20 \log_{10} \frac{2^8}{\sqrt{M \cdot S \cdot E}}$$

ここで、M・S・Eは、平均ひずみであり、許容平均ひずみを超えることがないため、

$$S/N = 20 \log_{10} \frac{2^8}{\sqrt{D}}$$

が成立する。このように、従来の方法が符号化・復号化を実行後、始めて S/N を評価できるのに對して、本発明では、許容ひずみDをパラメータとして S/N を事前に評価できるため、見通しのよい方式となる。

次に、本発明の他の実施例を、第10図～第15図により説明する。

第10図(a)(b)は、輝度勾配の説明図および輝度の近似方式の説明図である。ブロック分割の基準として、平均ひずみを用い、指定された許容

域の比率が $\alpha$ になるとする。(c)可変長符号化による圧縮分は考慮しない。すなわち、第5図(c)の形式のデータを等長符号化するものとする。

#### (ロ) 圧縮率評価

想定する最下位レベルをKとする。すなわち、 $K=9$ であれば、 $1 \times 1$ を、 $K=8$ であれば、 $2 \times 2$ を、それぞれ最下位レベルのブロックとする。このとき、ESC記号まで含めて符号化すれば、必要なビット数は次式となる。

$$B_{\alpha, k} = \sum_{j=0}^{k-1} 4 \cdot 4^j (1-\alpha)^j \times 8 = 32 \times \frac{1-4^k(1-\alpha)^k}{1-4(1-\alpha)}$$

従つて、圧縮率 $C_{\alpha, k}$ は、

$$C_{\alpha, k} = \frac{B_{\alpha, k}}{512 \times 512 \times 8} = \frac{1-4^k(1-\alpha)^k}{65536(1-4(1-\alpha))}$$

となる。

第9図は、圧縮率評価のグラフであつて、 $k$ 、 $\alpha$ のいくつかの値に対して、 $C_{\alpha, k}$ を計算した結果を示したものである。 $\alpha=1/2$ のときには、 $K=9$ (画素レベル)まで空間分解能を上げても $1/100$ の圧縮率を達成することができるが、 $\alpha=1/4$ となると、 $1/100$ の圧縮を行うため

値を超えないようにはすることは、前述した。第3図で述べたように、最もよく用いられるひずみの指標として、平均2乗差があり、この式を再び記載する。

$$d = \frac{1}{N^2} \sum_{ij} (\tilde{X}_{ij} - X_{ij})^2 \quad \dots \dots \dots (8)$$

ここで、dは平均ひずみ、 $N^2$ はブロック内画素数、 $X_{ij}$ は画素( $i, j$ )の輝度、 $\tilde{X}_{ij}$ は画素( $i, j$ )の符号化・復号した輝度である。

各ブロックの符号化には、そのブロック内の平均輝度と近似的な輝度勾配を用いる。平均輝度 $\bar{X}$ は、次式で表わされる。

$$\bar{X} = \frac{1}{N^2} \sum_{ij} X_{ij} \quad \dots \dots \dots (9)$$

また、輝度勾配 $\Delta$ ( $i$ 軸方向)および $\delta$ ( $j$ 軸方向)は、第10図(a)に示すようなもので、次のようにして定められる。先ず、(8)式の $\tilde{X}_{ij}$ を、 $\bar{X}$ 、 $\Delta$ 、 $\delta$ を用いて次のように表わす。

$$\tilde{X}_{ij} = \bar{X} + (2i - N - 1) \Delta + (2j - N - 1) \delta \quad \dots \dots \dots (10)$$

これは、ブロック内の輝度が形成する曲面を、勾配( $2\Delta, 2\delta$ )の平面で近似することを意味している(第10図(a)(b)参照)。ひずみが最小となるような近似は、(10)式を(8)式に代入して得られるdを最小化する条件から導かれる。この条件に基づく $\Delta, \delta$ の具体的な計算法については、実施例で詳述する。

第11図～第14図で符号化方式を、第15図、第16図で復号方式を、説明する。

#### (イ) 符号化方式

先ず、第11図は第4図を再現したもので、非等長ブロックの表記法の説明のために使用される。 $1 \times 1, 2 \times 2, \dots, 2^n \times 2^n$ の大きさのブロックを考える。 $1 \times 1$ ブロックは画像そのものであり、 $2^n \times 2^n$ ブロックは画像全体を表わしている。ここで、 $2^n \times 2^n$ ブロックを最上位レベル(第0レベル)、 $1 \times 1$ ブロックを最下位レベル(第nレベル)を呼ぶ。第11図の例では、 $0 \sim 4$ がそれぞれ第0～第4レベルのブロックとなっている。各ブロックを表現するため、第1レ

ベルでは、 $2^{n-1} \times 2^{n-1}$ の大きさのブロックが4個存在するので、これらを左上、右上、左下、右下の順に1, 2, 3, 4と記す。次に、第2レベルでは、 $2^{n-2} \times 2^{n-2}$ のブロックが16個存在し、4個づつ区切ったものが第1レベルの1つのブロックに対応している。そこで、第1レベル同一ブロックに含まれる第2レベルの4個のブロックに対して、第1レベルと同じようにして、1～4の番号を与えることとする。すなわち、第2レベルのブロックは、第1レベルのブロック番号*i<sub>1</sub>*(*i<sub>1</sub>*=1～4)と第2レベルのブロック番号*i<sub>2</sub>*(*i<sub>2</sub>*=1～4)の組合せ(*i<sub>1</sub>, i<sub>2</sub>*)により一意に定められる。このようにして、一般的に、第*k*レベルの1つのブロックを(*i<sub>1</sub>, i<sub>2</sub>, ..., i<sub>k</sub>*)で表わすことができる。第3図の例で、ブロック5(ハッティングされたブロック)は、(1, 1, 1, 4)と表わされる。

以上の表記法により表わされるブロック(*i<sub>1</sub>, i<sub>2</sub>, ..., i<sub>k</sub>*)の平均輝度をX*i<sub>1</sub> i<sub>2</sub> ... i<sub>k</sub>*、近似輝度勾配を $\Delta i<sub>1</sub> i<sub>2</sub> ... i<sub>k</sub>, \delta$

*i<sub>1</sub> i<sub>2</sub> ... i<sub>k</sub>*とする。さらに、ブロック内の画素の輝度をX*i<sub>1</sub> ... i<sub>k</sub>*、 $\Delta i<sub>1</sub> ... i<sub>k</sub>$ 、 $\delta i<sub>1</sub> ... i<sub>k</sub>$ を用いて(10)式で近似したときの近似値をX*i<sub>1</sub> ... i<sub>k</sub>*、そのときの平均ひずみをd*i<sub>1</sub> ... i<sub>k</sub>*と表わす。すなわち、

$$X i_1 \dots i_k = \frac{1}{4^{n-k}} \sum_{ik+1 \dots in} Z i_1 \dots i_n \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

$$d i_1 \dots i_k = \min_{\Delta \delta} \frac{1}{4^{n-k}} \sum_{ik+1 \dots in} (\tilde{X} i_1 \dots i_n - Z i_1 \dots i_n)^2 \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

とする。ここで、Z*i<sub>1</sub> ... i<sub>n</sub>*は、画素(*i<sub>1</sub> i<sub>2</sub> ... i<sub>n</sub>*)の輝度である。なお、添字*i<sub>1</sub> ... i<sub>n</sub>*はそれぞれ1から4の範囲を動くものとする。

最下位レベルから出発し、(12)式で定義される平均ひずみが、与えられた許容値Dを超えないとき、4個のブロックをこれらを含む一段階上位のブロックに統合することにする。すなわち、

$$d i_1 \dots i_k \leq D \quad \dots \dots \dots \quad (13)$$

のとき、X*i<sub>1</sub> ... i<sub>k</sub>*～X*i<sub>1</sub> ... i<sub>k</sub>4*を、

X*i<sub>1</sub> ... i<sub>k</sub>*で、 $\Delta i_1 \dots i_k$ ～ $\Delta i_1 \dots i_k 4$ を、 $\Delta i_1 \dots i_k$ で、また $\delta i_1 \dots i_k 1$ ～ $\delta i_1 \dots i_k 4$ を、 $\delta i_1 \dots i_k$ で、それぞれ代表させる(第12図参照)。以後、この処理をリダクションと呼ぶことにする。

次に、リダクションを実行するためのX,  $\Delta$ ,  $\delta$ , dの具体的な計算法について述べる。(11); (12)式から、X,  $\Delta$ ,  $\delta$ , dに関する以下の関係式が導ける。

$$X i_1 \dots i_k = \frac{1}{4} \sum_{ik+1} X i_1 \dots i_{k+1} \quad \dots \dots \dots \quad (14)$$

$$\Delta i_1 \dots i_k = \frac{A k + 1}{A k} \sum_{ik+1} \Delta i_1 \dots i_{k+1} + \frac{2^{3(n-k-1)}}{A k} \sum_{ik+1} S i_1 \dots i_{k+1} X i_1 \dots i_{k+1} \quad \dots \dots \dots \quad (15)$$

$$\delta i_1 \dots i_k = \frac{A k + 1}{A k} \sum_{ik+1} \delta i_1 \dots i_{k+1} + \frac{2^{3(n-k-1)}}{A k} \sum_{ik+1} S t i_1 \dots i_{k+1} X i_1 \dots i_{k+1} \quad \dots \dots \dots \quad (16)$$

$$\begin{aligned}
 d_{ik} \cdots ik &= \frac{1}{4} \sum_{ik+1} (d_{ik+1}^2 \cdots ik+1 + x_{ik+1}^2 \cdots \\
 &ik+1) + \frac{Ak+1}{4^{n-k}} \sum_{ik+1} (\Delta^2_{ik+1} \cdots ik+1 + \delta^2_{ik+1} \cdots \\
 &ik+1) - x_{ik+1}^2 \cdots ik - \frac{Ak}{4^{n-k}} (\Delta^2_{ik+1} \cdots ik+1 + \delta^2_{ik+1} \cdots ik) \\
 & \dots \dots \dots \quad (17)
 \end{aligned}$$

ここで、 $S_1, t_1$  (ともに、 $i = 1 \sim 4$ )、 $Ak$  ( $k = 1, \dots, n$ ) は、以下の値をとる係数である。

$$\begin{aligned}
 S_1 = S_3 &= -1, \quad S_2 = S_4 = 1 \\
 t_1 = t_2 &= -1, \quad t_3 = t_4 = 1
 \end{aligned}$$

$$Ak = \frac{1}{3} \cdot 4^{n-k} (4^{n-k} - 1) \dots \dots \quad (18)$$

(7) ~ (10) 式から、 $X, \Delta, S, d$  は、一段下のレベルの  $X, \Delta, S, d$  から漸化的に計算でき、実用面からも効率的な計算が行えることになる。

第13図は、本発明の他の実施例を示す符号化処理の手順のフローチャートである。先ず、ステ

ップ40では、最下位レベルおよび先頭ブロックの設定を行う。ステップ41では、(14)式により、平均輝度  $X$  を求め、ステップ42で(15) (16)式により、輝度勾配  $\Delta$ 、 $\delta$  を計算する。ステップ43では、(17)式に基づき平均ひずみ  $d$  を求める。ステップ44で(13)式の判定を行い、(13)式が成立した場合、ステップ45でリダクションを実行する。ステップ46では、次のブロックの処理に進むが、次のブロックが既にリダクション不能となっている場合には、スキップするものとする。ステップ47では、現在処理中のレベルの全ブロックの処理が終了したか否かの判定を行い、終了している場合には、ステップ48で次のレベルに進む。ステップ49は、全レベルの処理が終了したか否かの判定であり、終了している場合には、符号化処理を終了する。

第14図(a)(b)(c)は、符号化データのデータ構造図である。第14図(a)に示すように符号化されたデータは、第14図(b)に示すような4分木で表わすことができる。これを第14図(c)

に示すようなデータ構造により記憶する。データは4個づつのデータブロックに区切られ、これが画像上の1ブロックに対応している。画像ブロックは、上位レベルから順に格納されており、ESCはエスケープ記号（そのレベルまでリダクションされておらず、さらに下位レベルを参照する必要があることを示す）を表わしている。例えば、第14図(c)の最初のデータブロックでは、(ESC, (X<sub>2</sub>, Δ<sub>2</sub>, δ<sub>2</sub>), (X<sub>3</sub>, Δ<sub>3</sub>, δ<sub>3</sub>), ESC) となつておらず、第1レベルの第1ブロックと第4ブロックはさらに下位レベルを参照する必要があり、第2、第3ブロックは、それぞれ(X<sub>2</sub>, Δ<sub>2</sub>, δ<sub>2</sub>), (X<sub>3</sub>, Δ<sub>3</sub>, δ<sub>3</sub>) に符号化されていることがわかる。ESC記号が格納されていたブロックは、一段下のレベルに展開されて後続のデータブロックに格納される。すなわち、第14図(c)の例では、最初のESCに対応するデータが2番目のデータブロックに、2番目のESCに対応するデータが3番目のデータブロックに格納されている。このようなデータ構造を

生成した後、データの値に片寄りがある場合には、ESC記号も含めて可変長符号化（ハフマン符号化）することも考えられる。

#### (ロ) 恒号方式

符号化されたデータの恒号方式について述べる。

第14図(c)のデータブロック番号を $\ell$ 、ブロック内のデータ番号を $m$  ( $m = 1 \sim 4$ ) とし、符号化されたデータを $Y^{\ell}, m$  ( $X, \Delta, \delta$ の組) で表わす。ここで、ESC記号からその下位レベルの展開ブロックを求める手段として FIFO のキューを用意する。

第15図は、本発明の他の実施例を示す恒号処理フローチャートである。

先ず、 $\ell = 1$  のとき、(a)  $Y^{\ell}, m \neq \text{ESC}$  であれば、 $(X, \Delta, \delta, m) = Y^{\ell}, m$  である (ステップ50, 51, 52)。

また、 $Y^{\ell}, m = \text{ESC}$  であれば、 $m$  を FIFO に格納する (ステップ51, 53)。

次に、 $\ell = 2$  のとき、(a) FIFO から先頭要素を取り出す (ステップ56, 58)。 (b)  $Y^{\ell}$  を

$m \neq ESC$  であれば  $(X \omega m, \Delta \omega m, \delta \omega m) = Y \omega, m$  (ステップ 51, 52)。

$Y \omega, m = ESC$  であれば、 $(\omega, m)$  を FIFO に格納する(ステップ 51, 53)。

ここで、 $\omega$  は整数列であり、 $(\omega, m)$  は  $\omega$  に  $m$  を追加した整数列である。

このようにして、第 14 図(c)のデータ列から、各ブロックの輝度  $X_{11} \dots ik$ , 輝度勾配  $\Delta_{11} \dots ik$ ,  $\delta_{11} \dots ik$  が再現できる。ところで、このブロックに含まれる画素の座標  $(X, Y)$  は、次式の範囲にある。

$$\sum_{j=1}^k 2^{n-j} p_j < X \leq \sum_{j=1}^k (2^{n-j} p_j + 2^{n-k}) \dots \dots \dots \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^k 2^{n-j} q_j < Y \leq \sum_{j=1}^k (2^{n-j} q_j + 2^{n-k}) \dots \dots \dots \quad (20)$$

$$\text{ここで, } p_j = \begin{cases} 0 & (1_j = 1 \text{ or } 3) \\ 1 & (1_j = 2 \text{ or } 4) \end{cases}$$

$$q_j = \begin{cases} 0 & (1_j = 1 \text{ or } 2) \\ 1 & (1_j = 3 \text{ or } 4) \end{cases}$$

である。

ここで、

$$X = \sum_{j=1}^k 2^{n-j} p_j, \quad \bar{X} = \sum_{j=1}^k (2^{n-j} p_j + 2^{n-k})$$

$$Y = \sum_{j=1}^k 2^{n-j} q_j, \quad \bar{Y} = \sum_{j=1}^k (2^{n-j} q_j + 2^{n-k})$$

とおき、画素  $(X, Y)$  の輝度  $X \times \omega$  に (10) 式を適用すれば、

$$\begin{aligned} X \times \omega &= X_{11} \dots ik \\ &+ (2X - \bar{X} - \underline{X} - 1) \Delta_{11} \dots ik \\ &+ (2Y - \bar{Y} - \underline{Y} - 1) \delta_{11} \dots ik \\ &\dots \dots \dots \quad (21) \end{aligned}$$

が成立し、画素レベルの復号が可能となる。

このように、本実施例においては、特にブロック内を輝度勾配を用いて符号化することにより、輝度勾配が一定に近い部分を 1 つのブロックとして圧縮することができる。圧縮率は、許容平均ひずみ D と対象画像の特性から定まるものであるが、以下、簡単なモデルに基づき圧縮率の評価を行う。

#### (イ) 仮定

(a)  $512 \times 512 \times 8$  bit/p の画像を想定す

K,  $\alpha$  のいくつかの値に対して、 $C_{\alpha, k}$  を計算した結果は、第 9 図に示されている。なお、SN の評価については、前述したとおりであるため、記載を省略する。

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、画像の持つ局所的冗長性のみならず、大域的冗長性までを利用して符号化しているため、高度なデータ圧縮が可能となる。さらに、ブロック内を輝度勾配を用いて符号化するので、輝度勾配が一定に近い部分を 1 つのブロックとして圧縮することができる利点がある。

#### 4. 補助の簡単な説明

第 1 図は本発明の一実施例を示す符号化処理手順のフローチャート、第 2 図は本発明の実施例を示す符号化・復号処理装置のブロック図、第 3 図は等長ブロック符号化、非等長ブロック符号化の概念比較図、第 4 図はブロック階層の説明図、第 5 図はリダクションの説明図、第 6 図は符号化データのデータ構造図、第 7 図は FIFO の動作図、

る。(b) 与えられた許容ひずみ D と対象画像に關し、レベル 1 以上の精度を必要とする領域のうちレベル  $(i+1)$  以上の精度は必要としない領域の比率が  $\alpha$  となるようとする。(c) 可変長符号化による圧縮分は考慮しない。すなわち、第 14 図(c)の形式のデータを等長符号化するものとする。

#### (ロ) 圧縮率評価

想定する最下位レベルを K とする。すなわち、 $K = 9$  であれば、 $1 \times 1$  を、 $K = 8$  であれば、 $2 \times 2$  を、それぞれ最下位レベルのブロックとする。このとき、ESC 記号まで含めて符号化すれば、必要なビット数は次式となる。

$$\begin{aligned} B_{\alpha, k} &= \sum_{i=0}^{k-1} 4 \times 4^i (1-\alpha)^i \times 8 \times 3 \\ &= 96 \times \frac{1 - 4^k (1-\alpha)^k}{1 - 4 (1-\alpha)} \end{aligned}$$

従つて、圧縮率  $C_{\alpha, k}$  は、

$$C_{\alpha, k} = \frac{B_{\alpha, k}}{512 \times 512 \times 8} = \frac{3(1-4^k(1-\alpha)^k)}{65536(1-4(1-\alpha))}$$

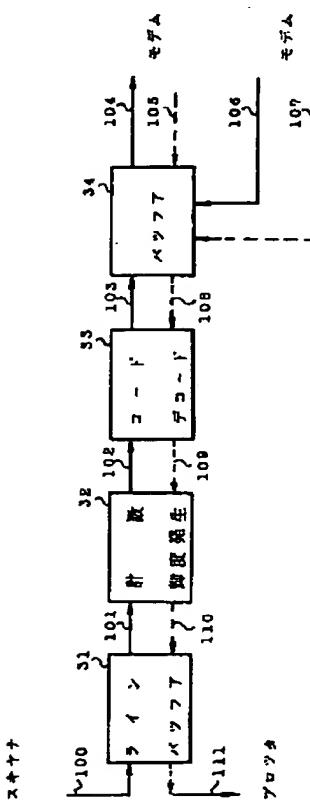
となる。

第8図は本発明の一実施例を示す復号処理手順のフローチャート、第9図は圧縮率評価のグラフ図、第10図は輝度勾配の説明と輝度の近似方式説明図、第11図はブロック階層の説明図、第12図はリダクションの説明図、第13図は本発明の他の実施例を示す符号化処理手順のフローチャート、第14図は符号化データのデータ構造図、第15図は第14図のデータの復号処理手順のフローチャートである。

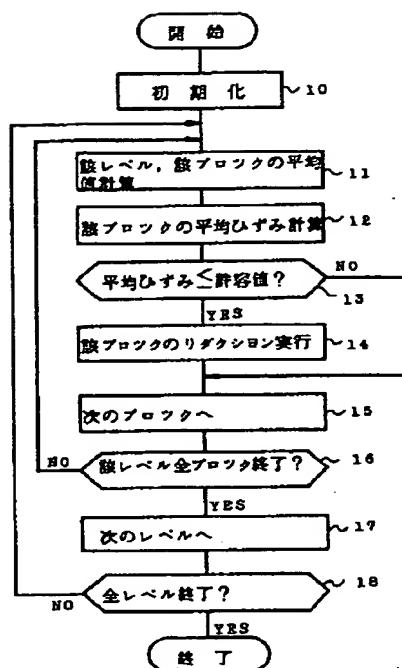
31: ラインバッファ、32: 計数・輝度発生回路、33: コード・デコード回路、34: バッファ。

特許出願人 株式会社 日立製作所  
代理人 弁理士 藤村雅俊

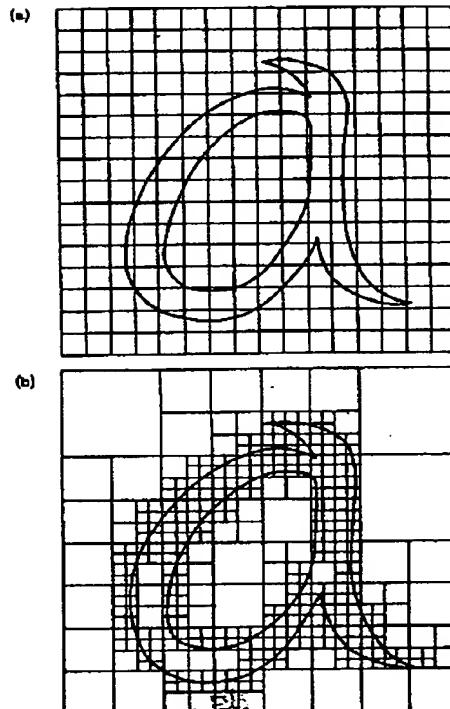
図 2 構成



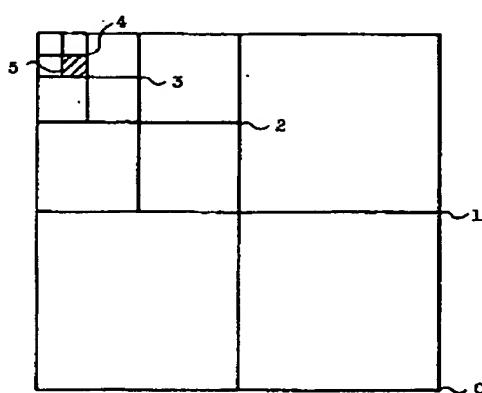
第 1 図



第 3 図



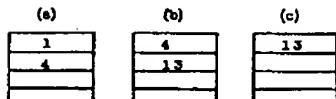
第 4 図



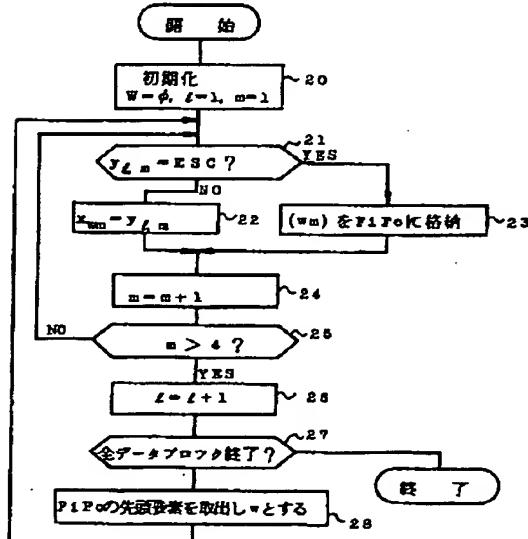
第 5 図



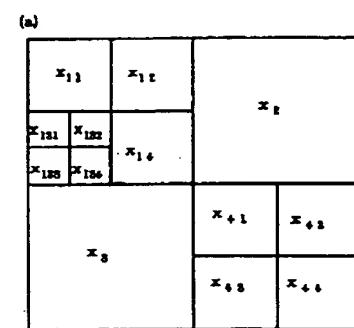
第 7 図



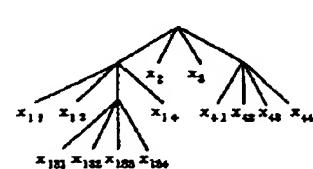
第 8 図



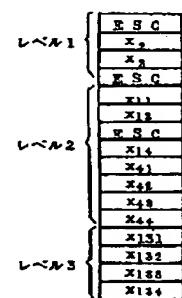
第 6 図



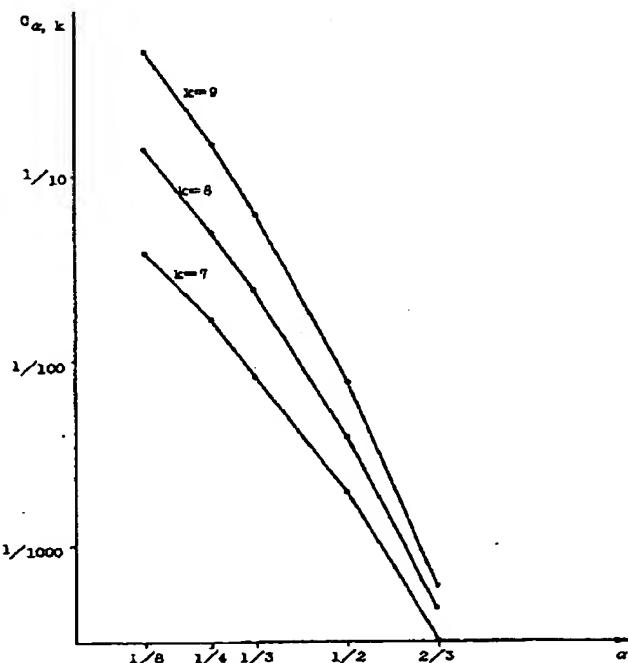
(b)



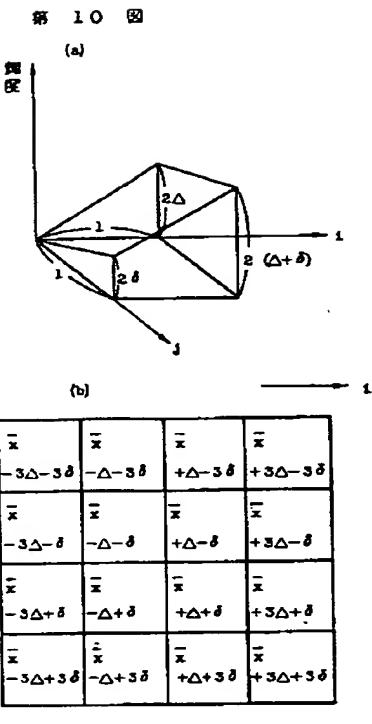
(c)



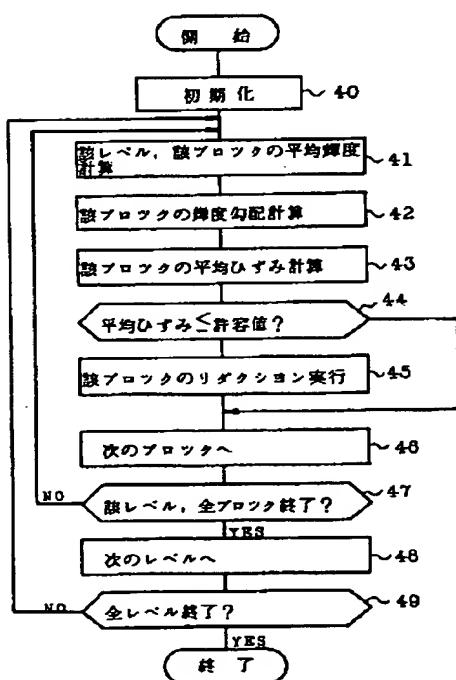
第 9 図



第 1 1 図



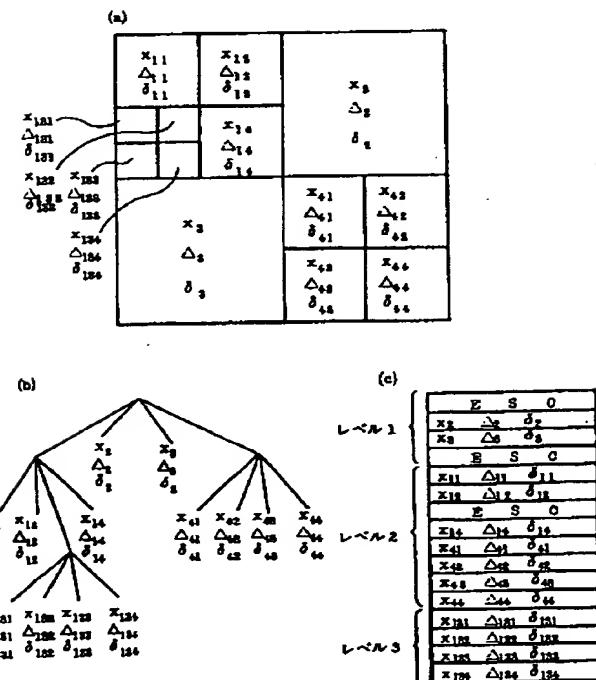
第 13 四



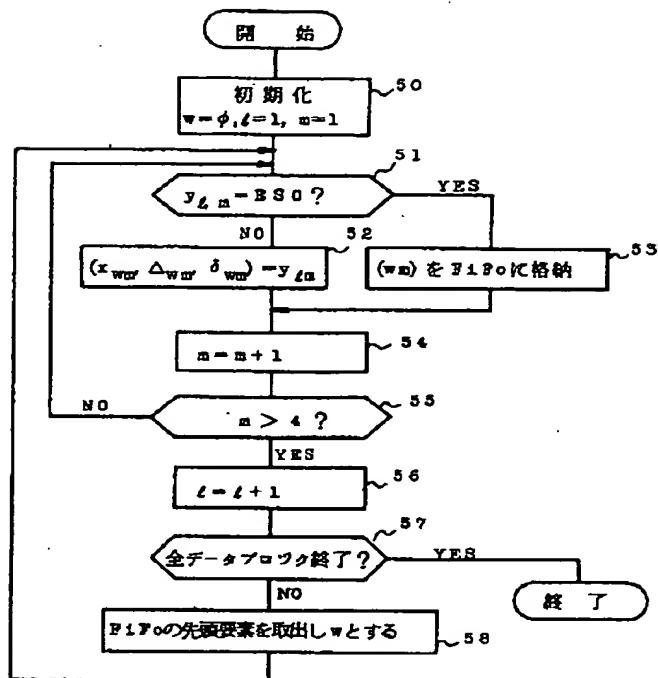
第 1 2 図



第 14 図



第 1 5 図



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
【部門区分】第7部門第3区分  
【発行日】平成5年(1993)9月21日

【公開番号】特開昭62-101183  
【公開日】昭和62年(1987)5月11日  
【年通号数】公開特許公報62-1012  
【出願番号】特願昭60-241218  
【国際特許分類第5版】

H04N 1/415 8839-5C

手続補正書(自発)

平成4年10月6日

特許庁長官 麻生 渥殿

1. 事件の表示

昭和60年特許願 第241218号

2. 発明の名称

画像データ符号化方式

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

名 称 (510) 株式会社 日立製作所

代表者 金井 務

4. 代理人

住 所 東京都新宿区西新宿1丁目18番15号

中津ビル7階 電話 (03) 3348-5035

氏 名 (7727) 弁理士 矢村 雅俊

5. 補正により増加する発明の数 なし

6. 補正の対象 明細書の「特許請求の範囲」および  
「発明の詳細な説明」の欄

7. 補正の内容 別紙の通り

(1) 明細書第1頁～第2頁の特許請求の範囲を、  
別紙の通りに補正する。

(2) 明細書第4頁15行～第5頁4行の『上記  
目的を達成するため、本発明の・・・・こと  
にも特徴がある。』を、次のように補正する。

『上記目的を達成するため、本発明の画像データ  
符号化方式は、それぞれ係数が乗算され、画像デ  
ータの座標に相当する少なくとも2つの独立変数  
を持つ多項式関数によって、各ブロック内に発生  
した平均歪の指標が予め定められた値を超えない  
ように、画像データを非等長の複数ブロックに分  
割するステップと、上記関数の係数を量子化する  
ステップと、量子化されたデータを木構造に形成  
されたデータに符号化するステップとを有するこ  
とを特徴としている。』

別紙

## 特許請求の範囲

1. それぞれ係数が乗算され、画像データの座標に相当する少なくとも2つの独立変数を持つ多項式関数によって、各ブロック内に発生した平均歪の指標が予め定められた値を超えないよう、画像データを非等長の複数ブロックに分割するステップと、上記関数の係数を量子化するステップと、量子化されたデータを木構造に形成されたデータに符号化するステップとを有することを特徴とする画像データ符号化方式。
2. 特許請求の範囲第1項記載の画像データ符号化方式において、上記平均ひずみの指標は、分割された各ブロックの輝度を表わすデータ平均二乗差を意味することを特徴とする画像データ符号化方式。
3. 特許請求の範囲第1項記載の画像データ符号化方式において、上記多項式の関数は、それぞれ係数が乗算された2つの独立変数の線形関数であることを特徴とする画像データ符号化方式。